



# ONDERZOEKSRAPPORT

Resultaten Zevenheuvelenloop onderzoek 2007 – 2009

--- T.M.H. Eijsvogels, D.H.J. Thijssen, M.T.E Hopman ---



## Voorwoord

In de afgelopen jaren is er nationaal alsmede internationaal veel (media)aandacht besteed aan hitte gerelateerde problemen tijdens inspanning. Behalve de Nijmeegse Vierdaagse heeft ook de Marathon van Rotterdam als de Dam-tot-Dam loop te kampen gehad met bovenmatige uitval door hoge kerntemperaturen bij deelnemers. Ondanks dat deze problematiek bekend is bij organisaties en wetenschappers, is er slechts in beperkte mate onderzoek gedaan bij dergelijke evenementen. Onder leiding van Prof. Dr. Maria Hopman heeft de Afdeling Fysiologie van het UMC St Radboud zich ten doel gesteld om de thermoregulatie tijdens duurlopen verder in kaart te brengen. Middels dit rapport willen wij de belangrijkste resultaten samenvatten en terugkoppelen naar alle partijen die betrokken zijn bij het Zevenheuvelenloop onderzoek.

## Opzet van het onderzoek

Tijdens de afgelopen 3 edities van de Zevenheuvelenloop hebben achtereenvolgens 20 (2007), 250 (2008) en 150 (2009) vrijwilligers deelgenomen aan het onderzoek. Om een representatieve steekproef van de totale populatie van de Zevenheuvelenloop te garanderen is er een gelijke verdeling betreft geslacht en startvak aangehouden. De eerste editie van het Zevenheuvelenloop onderzoek (2007) had een verkennend karakter waarbij naast een eerste indruk van de kerntemperatuur ook de vergelijking tussen een oorthermometer en de temperatuurpil is gemaakt. Basismetingen als gewicht en kerntemperatuur werden daarbij 2 uur voor de start van de Zevenheuvelenloop in alle deelnemers verzameld. Tevens werd het aantal kledinglagen en de vochtinname uitgevraagd. Vervolgens werden de deelnemers tien minuten voor de start van de race begeleid naar een speciaal startvak en hier werd de kerntemperatuur middels een oorthermometer en de temperatuurpil nogmaals geregistreerd. Gedurende de Zevenheuvelenloop vonden geen interventies plaats, maar bij het passeren van de finish werd direct opnieuw de kerntemperatuur gemeten. Daarna werden de deelnemers verzocht om naar de sporthal terug te keren waar de basismetingen werden herhaald. De opzet van de studie staat schematisch weergegeven in Figuur 1. Vervolgens werd het onderzoek in 2008 flink uitgebreid, met als doel om de karakteristieken van oververhitte deelnemers (kerntemperatuur  $\geq 40^{\circ}\text{C}$ ) te vergelijken met een controlegroep. Behalve een toename van het aantal deelnemers zijn ook extra metingen toegevoegd. Deze lijn werd in 2009 doorgetrokken waarbij middels extra bloedafname getracht werd om de verschillen in kerntemperatuur stijging tussen personen verder in kaart te brengen. Hiervoor werd tevens samenwerking gezocht met Dr. Waander van Heerde van het Centraal Hematologisch Laboratorium en Prof. Dr. Mihai Netea van de afdeling Algemene Interne Geneeskunde (beiden UMC St Radboud).

Basismetingen	Start	Finish	Eindmetingen
Gewicht	Kerntemperatuur	Kerntemperatuur	Gewicht
Kerntemperatuur	Hartfrequentie <sup>2009</sup>	Hartfrequentie <sup>2009</sup>	Kerntemperatuur
Vochtinname			Vochtinname
Kleding			Kleding
Bloed afname <sup>2009</sup>			Urine sample <sup>2008</sup>
Hartfrequentie <sup>2009</sup>			Bloed afname <sup>2008 / 2009</sup>
			Hartfrequentie <sup>2009</sup>

*Figuur 1: Overzicht meetprotocollen Zevenheuvelenloop onderzoek. N.B. metingen met de notatie '2008' of '2009' zijn alleen in de desbetreffende jaren uitgevoerd.*

## Algemene gezondheid

Een gemiddelde deelnemer aan de Zevenheuvelenloop is 45 jaar oud, traint 3 tot 4 keer in de week, ongeveer 10 km per sessie. Het is dan ook logisch dat 85% van deze groep getrainde hardlopers voldoet aan de Nederlandse Norm Gezond Bewegen (tenminste 5 dagen per week voor 30 minuten matig tot intensief inspanssen) en hiermee ver boven het nationaal gemiddelde van 56% blijft. Ook de body mass index (BMI, een maat voor de lichaamssamenstelling) blijft binnen de aanbevolgen normaalwaarden (20 - 25 kg/m<sup>2</sup>), al is deze beduidend hoger in mannen (24,1 kg/m<sup>2</sup>) dan in vrouwen (22,0 kg/m<sup>2</sup>). Op de vraag hoe deelnemers hun gezondheid scoren, geeft 40% aan die zeer goed te vinden, waar de resterende 60% het op goed houdt. Het blijkt dan ook dat slechts 6% bekend is met een verhoogde bloeddruk, 5% met kanker en 4% met een verhoogd cholesterolgehalte.

## Race statistieken

Het parcoursrecord van de Zevenheuvelenloop betreft 41min29sec bij de mannen en 46min28sec bij de vrouwen, en is daarmee in beide categorieën 's werelds snelste 15 km loop. De gemiddelde duur voor recreanten betreft ongeveer 75 minuten voor mannen en 80 minuten voor vrouwen. Dit komt overeen met een snelheid van respectievelijk 12,4 km/u en 11,4 km/u. De snelste deelnemer van het onderzoek liep 49min13sec, waarbij als ander uiterste 111min32sec werd genoteerd. Opvallend is dat alle deelnemers van het onderzoek boven de drempel van 90% van hun maximale hartfrequentie presteerde. De hartfrequentie schiet na de start flink omhoog en bereikt daarna al snel een stabiele waarde. Waar in sommige deelnemers nog enkele kleine pieken en dalen op de Zevenheuvelenweg waarneembaar zijn betreft de gemiddelde inspansningsintensiteit gedurende de race 98%. Er kan dus gesteld worden dat deelnemers voor een top prestatie gaan.

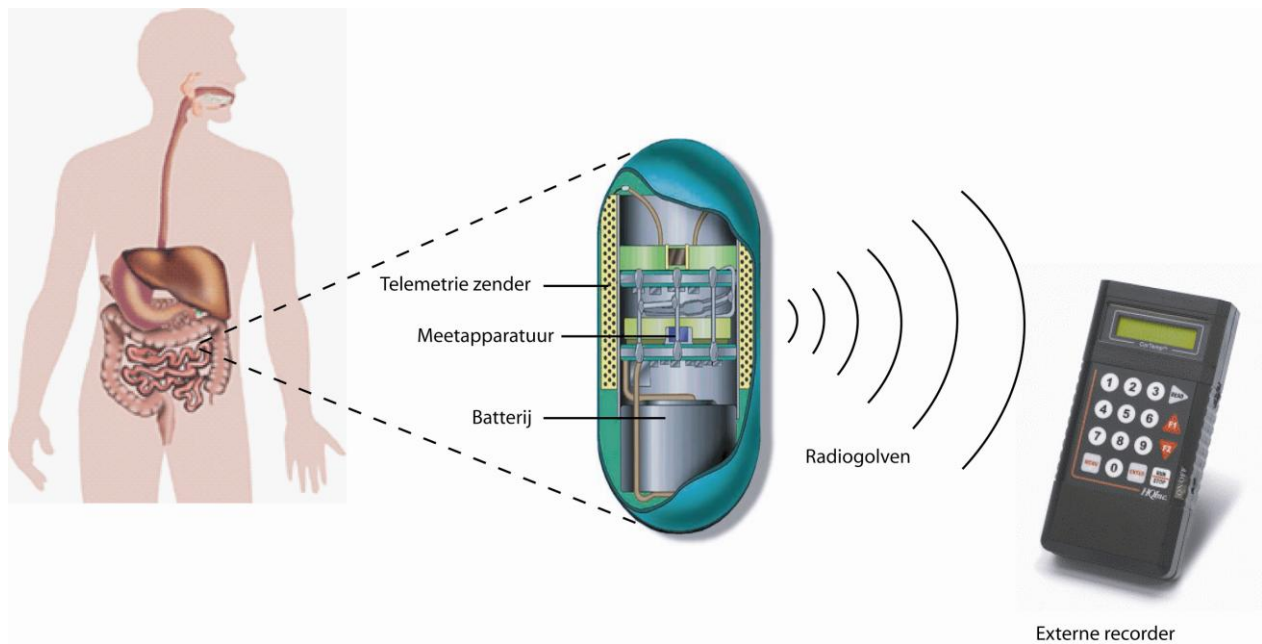
## Meteorologie

Aangezien de omgevingstemperatuur een belangrijke rol speelt in de thermoregulatie, wordt tijdens de Zevenheuvelenloop nauw samengewerkt met meteoroloog Jules Geirnaerd. Ondanks dat de buitentemperatuur in November volgens het langjarige maandgemiddelde van het KNMI 6,2°C betreft, hebben de afgelopen 3 edities onder relatief warmere omstandigheden plaats gevonden. Tijdens de onderzoeken in 2007, 2008 en 2009 werden achtereenvolgens temperaturen van 9,0°C, 10,5°C en 11,5°C gerapporteerd. Ook de luchtvochtigheid was vergelijkbaar gedurende de 3 edities en varieerde tussen de 84% en 88%, en is er tijdens de race geen neerslag gevallen.

## Kerntemperatuur

De kerntemperatuur kan bij mensen op verschillende manieren gemeten worden. Waar metingen rectaal of in de slokdarm beperkt zijn tot gebruik in een laboratorium, kan er in het veld gekozen worden voor een temperatuurpil (meting in de darm) of oorthermometer. Aangezien de resultaten uit 2007 grote verschillen tussen deze beide meetmethode lieten zien (in het nadeel van de oorthermometer) is er voor gekozen om in 2008 en 2009 de temperatuurpil op grote schaal in te zetten. Hiervoor nemen deelnemers aan het onderzoek om 8 uur 's ochtends de temperatuurpil in. Zo zijn we er zeker van dat bij de start van het experiment de pil op de goede plek in de darm zit, en daar een betrouwbaar signaal uit zend. Vervolgens kan middels een externe recorder de kerntemperatuur op een eenvoudige en niet belastende manier worden gemeten (zie Figuur 2).

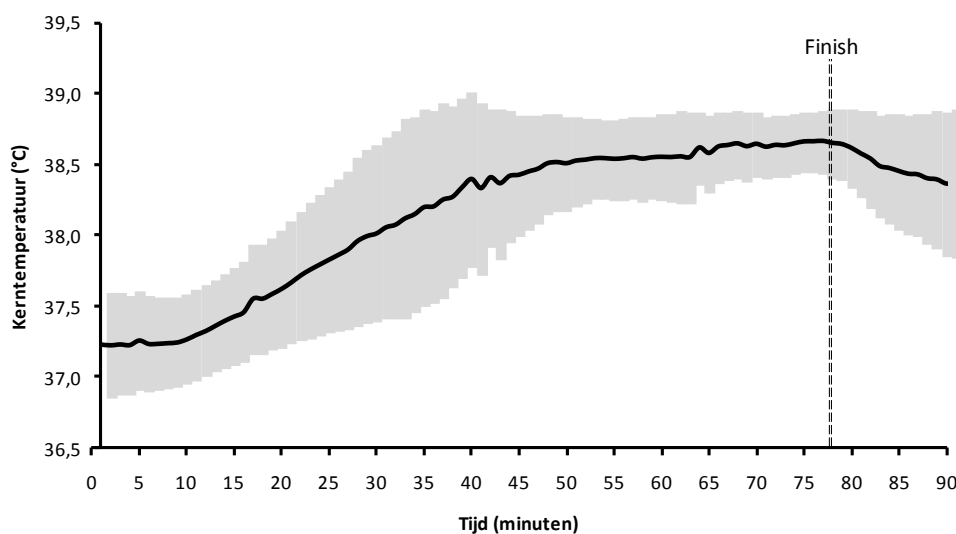
De gemiddelde kerntemperatuur in rust (2 uur voor de start) bedroeg 37,7°C. Na de warming-up / wedstrijdvoorbereiding nam deze licht toe tot 37,9°C, enkele minuten voor de start. Direct na de finish is de kerntemperatuur in alle deelnemers opnieuw gemeten, en gestegen met 1,4°C tot een gemiddelde van 39,3°C. De door ons gevonden finishtemperatuur is hoger dan die gerapporteerd bij een 30-km loop in Amerika (38,5°C) en een marathon in Schotland (38,7°C) onder vergelijkbare klimatologische



***Figuur 2:** Schematische weergave van de werking van de temperatuurpil (20 mm lang en 10 mm breed). De apparatuur in de pil meet de kerntemperatuur in de darm. Het temperatuursignaal wordt vervolgens via een telemetrische zender via radiogolven verzonden naar een externe ontvanger.*

omstandigheden. Echter aangezien deze twee buitenlandse studies gebruik maakte van rectale temperatuurmetingen, is de temperatuur vaak pas 5 à 10 minuten na de finish bepaald. Aangezien wij de kerntemperatuur gemiddeld 7 minuten na de finish nogmaals gemeten hebben konden we het effect van deze tijdsvertraging bepalen. Met een daling van  $0,4^{\circ}\text{C}$  kwam de gemiddelde kerntemperatuur uit op  $38,9^{\circ}\text{C}$ , wat vergelijkbaar is met de eerder genoemde studies. Hiermee is opnieuw aangetoond dat de temperatuurpil betrouwbaarder en nauwkeuriger is dan zijn alternatieven (oorthermometer / rectaal thermometer) om de temperatuurregulatie bij atleten in kaart te brengen.

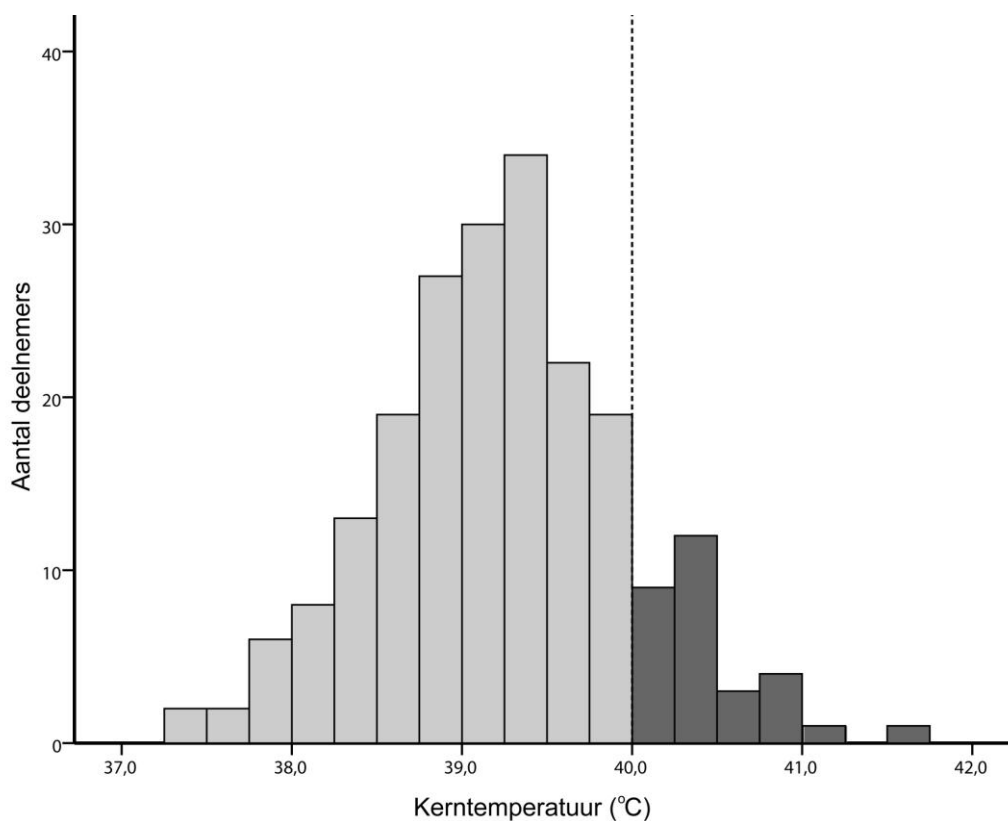
Behalve het meten van de temperatuur voor de start en na de finish, is in 2008 een pilot experiment uitgevoerd tijdens de Generale Zevenheuvelenloop. In 8 deelnemers is destijds de temperatuur continue gemeten, om zo het beloop van de kerntemperatuur in kaart te brengen. Zoals in Figuur 3 duidelijk zichtbaar is komt de finishtemperatuur overeen met de maximale temperatuur tijdens de loop. Tevens onthult dit figuur dat de grootste temperatuurstijging tijdens de eerste 45 minuten van de loop plaats vindt. Daarna lijkt een plateau fase bereikt te zijn waarbij de temperatuur slechts nog in geringe mate toeneemt.



***Figuur 3:** Beloop van de kerntemperatuur in 8 deelnemers tijdens de Generale Zevenheuvelenloop. Het grijze gebied representeert de variatie tussen de proefpersonen. Duidelijk is dat de finish temperatuur overeenkomt met de maximale kerntemperatuur tijdens de race.*

## Oververhitting

Bij een kerntemperatuur boven de  $40,0^{\circ}\text{C}$  wordt ook wel van oververhitting of hyperthermie gesproken. Een dergelijke situatie kan bedreigend zijn voor de gezondheid van een sporter. Oververhitting kan namelijk leiden tot een hitteberoerte; daarbij wordt hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid gevolgd door onwel worden en vervolgens spierafbraak, coma, meervoudig orgaan falen of zelfs de dood. Over het aantal deelnemers met oververhitting tijdens een sportevenement is nog maar weinig bekend. Daarom was het doel van ons onderzoek in 2008 om de karakteristieken van oververhitte deelnemers te vergelijken met een controlegroep. In Figuur 4 laat de verdeling van het aantal deelnemers met een bepaalde kerntemperatuur zien. In 31 deelnemers is een temperatuur boven de  $40^{\circ}\text{C}$  geconstateerd, wat overeenkomt met 15% van de totale populatie. Wanneer dit aantal wordt doorgerekend naar het totale deelnemersveld, betekent dit dat ongeveer 4500 hardlopers oververhit finishen.



*Figuur 4: Frequentieverdeling van de kerntemperatuur op de finish (230 deelnemers). Opvallend is dat 31 deelnemers temperaturen boven de drempelwaarde van  $40,0^{\circ}\text{C}$  (stippellijn) noteerden. Deze oververhitte deelnemers (donker grijze balken) representeren 15% van de totale onderzoekspopulatie.*

Om oververhitting mogelijk in de toekomst te voorspellen hebben we getracht deze deelnemersgroep te karakteriseren. Echter vonden we een vergelijkbare man:vrouw verdeling, lichaamssamenstelling, leeftijd, gezondheid, medicatie gebruik, fitheid, trainingsfrequentie, loopsnelheid en finish tijd tussen oververhitte en een groep controle deelnemers. Deze factoren lijken dus niet van invloed te zijn op het voorkomen van temperaturen boven  $40^{\circ}\text{C}$ . Opvallend echter was dat oververhitte deelnemers al een viermaal zo hoge temperatuurtoename ( $+0,4^{\circ}\text{C}$ ) tijdens de warming-up in vergelijking met de controlegroep ( $+0,1^{\circ}\text{C}$ ) lieten zien. Mogelijk hebben deelnemers met hyperthermie een afwijkende thermoregulatie die (gedeeltelijk) aan genetische factoren is gekoppeld. Als deze veronderstelling klopt zouden sommige deelnemers per definitie een hogere temperatuur toename hebben dan andere deelnemers. Deze groep zou daarmee ook een verhoogd risico hebben op oververhitting en de daarbij behorende risico's.

Daarom is tijdens de Zevenheuvelenloop van 2009 gevraagd of een deel van de proefpersonen uit 2008 opnieuw wilde participeren in het onderzoek. Een groep van 68 deelnemers was daartoe bereid en de resultaten bleken zoals verwacht te zijn: de individuele temperatuurstijging van een atleet bleek goed vergelijkbaar te zijn tussen de edities 2008 en 2009. Het vermoeden dat genetische factoren een rol spelen bij de thermoregulatie tijdens inspanning werd hierdoor versterkt. Aangezien in alle deelnemers bloed is afgenomen voor de start alsmede na de finish, was deze bevinding tevens de start voor aanvullende analyses.

Een mogelijke rol zou zijn weggelegd voor een lichaamseigen eiwit dat wordt geproduceerd bij een toenemende lichaamstemperatuur. Deze zogenaamde “Heat Shock Proteins” komen in iedere cel voor en beschermen de mens tegen de schadelijke effecten van een verhoogde kerntemperatuur. Mogelijk zouden deelnemers met oververhitting een afwijkende reactie van dit eiwit tijdens inspanning kunnen laten zien. Daarom is samenwerking gezocht met Dr. Waander van Heerde van het Centraal Hematologisch Laboratorium. Momenteel worden de bloedsamples van deelnemers aan het Zevenheuvelenloop onderzoek opgewerkt en klaargemaakt voor analyse.

Daarnaast kunnen de inter-individuele verschillen eventueel ook door het immuunsysteem worden veroorzaakt. Uit voorgaande wetenschappelijke studies is bekend dat bepaalde ontstekingsmarkers toenemen tijdens inspanning. Behalve een functioneel effect, weten we dat deze markers ook invloed op het thermoregulatie centrum hebben. Samen met Prof. Dr. Mihai Netea van de afdeling Algemene Interne Geneeskunde proberen we nu te achterhalen of dat deze immunrespons verschilt tussen deelnemers met en zonder oververhitting.

Aangezien beide bovenstaande bloedanalyses complex, dan wel kostbaar, zijn worden de resultaten hiervan rondom de zomer / het najaar van 2010 verwacht. Afhankelijk van deze uitkomsten kunnen aanvullende genetische analyses in (een deel van de) de proefpersonen worden uitgevoerd. Hiervoor is al materiaal afgenomen en ethische toestemming verkregen.

## **Water- en zoutbalans**

Naast de thermoregulatie is de vochtbalans een ander belangrijk systeem dat verstoord kan worden tijdens duurinspanning. De vochtbalans wordt bepaald door de combinatie van vochtinname (drinken) en vochtverlies (voornamelijk zweten). Tijdens of na inspanning wordt er bij atleten regelmatig een tweetal verstoringen gerapporteerd: overvulling en uitdroging. Overvulling gaat gepaard met een flinke daling van de zoutconcentratie in het bloed, en kan grote gevolgen voor de gezondheid hebben. Naast duizeligheid en misselijkheid kan overvulling leiden tot vochtophoping in de hersenen met de dood als gevolg. Gelukkig komt deze ernstige aandoening slechts zelden voor, en wordt dit voornamelijk gerapporteerd tijdens meer langdurige (> 4 uur) evenementen. Aan de andere kant van de vochtbalans staat uitdroging; een tekort aan vocht. Deze verstoring komt relatief vaak voor bij sporters en kan in kaart worden gebracht door het lichaamsgewicht voor en na inspanning te bepalen. Bij verlies van meer dan 2% van het lichaamsgewicht is de deelnemer uitgedroogd en kunnen (gezondheids)problemen optreden. Behalve een afname van het prestatieniveau (20%, bij 2% gewichtsverlies), is uitdroging gecorreleerd met een toename van de lichaamstemperatuur.

Opvallend is dat tijdens de Zevenheuvelenloop slechts 60% van de totale populatie in min of meerdere mate drinkt, waar 40% van de deelnemers helemaal niets tot zich neemt. De gemiddelde vochtinname onder de drinkende deelnemers betreft 230 mL, bestaande uit 60% water en 40% sportdrink. Het huidige aantal drankposten (op 6 en 9 km), en de mogelijkheid om zelf drinken mee te nemen, lijkt dus te volstaan in de behoefte van de atleet. Echter aangezien de gemiddelde procentuele gewichtsverandering -1,4% betreft, lijken de meeste deelnemers toch een vochttekort te hebben. Bovendien overschrijdt 18% van de onderzoekspopulatie de drempel van -2%, en is daarmee geclassificeerd als uitgedroogd. Desalniettemin is het lichaamsgewichtsverlies noch het aantal gevallen van uitdroging verschillend tussen deelnemers met en zonder oververhitting.

Daarnaast is tijdens het onderzoek van 2008 de zoutbalans bekeken. Geen van de deelnemers aan de Zevenheuvelenloop rapporteerde daarbij extreem lage zoutconcentraties welke mogelijk te wijten zijn aan overvulling (grote hoeveelheden vochtinname). Op basis van voorgaande wetenschappelijke studies alsmede de vochtinname in onze deelnemersgroep voldeden deze bevindingen aan onze verwachtingen. Echter een behoorlijke groep deelnemers bevond zich aan de andere kant van het spectrum (uitdroging, hoge zoutconcentraties). Maar liefst 42% van de oververhitte deelnemers en 24% van de controlegroep rapporteerde een te hoge zoutconcentratie; een teken van uitdroging. In combinatie met de gemiddelde gewichtsafname en de geringe vochtinname duiden deze gegevens op een vochttekort in een substantieel deel van de onderzoekspopulatie. Aangezien deze negatieve vochtbalans prestatieverlies tot gevolg heeft, is er op dit vlak voor de individuele sporter en organisatie nog winst te behalen.

## Implementatie van resultaten

Zoals u in dit onderzoeksrapport heeft kunnen lezen, zijn er tijdens de afgelopen 3 edities van de Zevenheuvelenloop zeer waardevolle gegevens verzameld. Behalve het beantwoorden van diverse onderzoeksvragen en het vergaren van wetenschappelijk inzicht, is het voor ons ook belangrijk om deze resultaten terug te koppelen naar de organisatie alsmede de individuele atleet.

Allereerst is het opvallend dat bij een hardloopevenement in November (m.a.w. onder relatief koele omstandigheden) een forse toename van de kerntemperatuur waarneembaar is. Bovendien blijkt dat meer dan 4500 deelnemers met temperaturen boven de 40°C finishen, en daarmee een potentieel gezondheidsrisico lopen. Naast hitteberoerte, weten we dat mensen overlijden bij een kerntemperatuur van 42°C of meer. Het is daarom van groot belang om de juiste zorg bij calamiteiten te verlenen. Medische teams langs het parcours of op de finish dienen daartoe te realiseren dat oververhitting een mogelijke oorzaak is bij het onwel worden of ineens storten van deelnemers. Aangezien wij hebben laten zien dat een oorthermometer onbetrouwbaar is tijdens dergelijke condities, is het aan te bevelen om de kerntemperatuur rectaal dan wel oraal te meten. In geval van oververhitting is er volgens de medisch wetenschappelijke literatuur slechts 1 effectieve behandeling: koelen, bij voorkeur snel en extreem. Bij diverse evenementen in Amerika wordt hiervoor een bak met ijswater gebruikt. Zodra de diagnose oververhitting is vastgesteld wordt de deelnemer hier ingelegd terwijl ondertussen de temperatuur continue wordt gemeten. Mogelijke alternatieven zijn om de deelnemer in te wikkelen met natte doeken, te besprengen met water of gebruik te maken van koelelementen.

Met het oog op de toekomst zou het wenselijk zijn om deelnemersgroepen die een verhoogd risico hebben op de ontwikkeling van oververhitting preventief te volgen. Idealiter zou de temperatuurpil daarbij, op eenzelfde manier als een hartslagband, worden gekoppeld aan een polshorloge. Op deze manier kan iedere deelnemer zijn of haar eigen kerntemperatuur toename volgen tijdens de race. Zo nodig kan de race strategie, de snelheid, het aantal lagen kleding of het drinkpatroon hierop worden afgestemd. Daarnaast zou het voor de organisatie en medische dienst interessant zijn om de kerntemperatuur en GPS coördinaten van deze risicogroep real-time te volgen. In geval van calamiteiten zijn deelnemers snel te lokaliseren en kan er snel en doelmatig worden ingegrepen. De afdeling Fysiologie van het UMC St Radboud heeft in 2008 enkele proefmetingen uitgevoerd waaruit bleek dat het absoluut mogelijk is om een dergelijk systeem te realiseren. Echter is het van belang om het gewicht van de meetapparatuur te reduceren zodat dit ook voor atleten interessant wordt.

Behalve de thermoregulatie hebben we tijdens het onderzoek ook de water- en zoutbalans in kaart gebracht. Uit deze gegevens bleek dat ongeveer 1 op de 5 deelnemers aan de Zevenheuvelenloop met een vochttekort over de finish kwam. Aangezien 40% van het deelnemersveld niet drinkt tijdens de race zou extra voorlichting waarin het belang van een goede vochtbalans wordt aangegeven een logische eerste stap zijn. Het advies om goed op de vochtinname te letten kan op verschillende manieren plaats vinden, bijvoorbeeld op de Zevenheuvelen website, als extra informatie bij de inschrijfdocumentatie, via een nieuwsbrief en middels elektronische borden langs het parcours.

Daarnaast is het aan te bevelen om deelnemers de individuele vochtbalans in kaart te laten brengen. Hiervoor hoeft een deelnemer alleen het lichaamsgewicht (bij voorkeur zonder kleding) voor en na de training te bepalen, en bij te houden hoeveel er gedronken is tussen deze twee metingen in. Een toename van het lichaamsgewicht staat daarbij voor overvulling, een overschot aan vocht. Bij gewichtsbehoud of afname tot -2 % van het lichaamsgewicht (-1,4 kg voor een persoon van 70 kg), is er sprake van een keurige vochtbalans. Echter bij verlies van meer dan 2% van het lichaamsgewicht, is er sprake van een vocht tekort en uitdroging. Door vervolgens de gewichtsveranderingen te koppelen aan de vochtinname kan dit worden bijgesteld voor een volgende training. Bijvoorbeeld, als er sprake is van een afname van -2,5%, dan moet er bij een volgende training meer gedronken worden. Door dit structureel bij te houden weet iedere deelnemer precies hoeveel hij moet drinken tijdens de Zevenheuvelenloop.

### **Een passend vervolg...**

De resultaten van de Vierdaagse onderzoeken in 2007, 2008 en 2009 hebben veel inzicht in de fysieke belasting en potentiële gezondheidsrisico's opgeleverd.

Het vervolg onderzoek zal zich richten op het identificeren van personen met een verhoogd risico op oververhitting en op het in kaart brengen van de gevaren van oververhitting (lichaamstemperatuur boven de 40°C).

Deze opgedane kennis maakt het mogelijk om de organisatie en de medische diensten bij hardloopevenementen alsmede de hardlopers zelf van concrete adviezen te voorzien gericht op het vergroten van de veiligheid en gezondheid van de deelnemers.

Drs. Thijs Eijsvogels  
Dr. Dick Thijssen  
Prof. Dr. Maria Hopman





Het Zevenheuvelenloop onderzoek wordt mede mogelijk gemaakt door:

UMC  St Radboud



**POLAR**

**SIEMENS**